

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06287677 A

(43) Date of publication of application: 11.10.84

(51) Int. Cl.

C22C 38/00

C22C 38/28

(21) Application number: 05075862

(71) Applicant: NIPPON STEEL CORP

(22) Date of filing: 01.04.93

(72) Inventor: TAKADA HIROTADA
KOYASU YOSHIRO(54) HIGH STRENGTH NON-REFINING STEEL FOR
HOT FORGING

(57) Abstract:

PURPOSE: To stably maintain high tensile strength in non-refining steel and to miniaturize parts by specifying the content of C, Si, Mn, Cr, S, V, N, Al and Ti in steel and specifying the carbon equivalent and bainitic transformation index.

CONSTITUTION: The compsn. of the non-refining steel is constituted of, by weight, 0.25 to 0.50% C, 0.40 to 2.00% Si, 0.50 to 2.50% Mn, 0.10 to 1.00% Cr, 0.03 to

0.10% S, 0.05 to 0.30% V, 0.0050 to 0.0200% N and one or two kinds of 0.005 to 0.050% Al and 0.002 to 0.050% Ti, and the balance Fe with inevitable impurities. Moreover, the carbon equivalent expressed by $Ceq\% = \%C + (\%Si)/20 + (\%Mn)/5 + (\%Cr)/9 + 1.54(\%V)$ is regulated to 0.83 to 1.23. Furthermore, the value of the bainitic transformation index expressed by $Bt = 31.2 - 100(\%C) - 6.7(\%Si) + 9.0(\%Mn) + 4.9(\%Cr) - 81(\%V)$ is regulated to ≤ 0 . In this way, ≥ 800 MPa tensile strength can be realized in a hot forging and non-refining state.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-287677

(43)公開日 平成6年(1994)10月11日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00 38/28	3 0 1 A			

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平5-75862	(71)出願人	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大塚町2丁目6番3号
(22)出願日	平成5年(1993)4月1日	(72)発明者	高田啓吾 室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室 蘭製鐵所内
		(72)発明者	子安善郎 室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室 蘭製鐵所内
		(74)代理人	弁理士 本多 小平 (外3名)

(54)【発明の名称】 高強度熱間鍛造用非調質鋼

(57)【要約】

【目的】 熱間加工で成形されたままで高強度を有する、非調質鋼部品用の鋼素材を提供する。

【構成】 特定量のC、Si、Mn、Cr、S、V、NとAl、Tiの1種もしくは2種を含み、炭素当量式、ベイナイト変態指数式で定義される値が一定範囲にある高強度熱間鍛造用非調質鋼。および特定量のC、Si、Mn、Cr、S、V、N、CaとAl、Tiの1種もしくは2種を含み、炭素当量式、ベイナイト変態指数式で定義される値が一定範囲にある高強度熱間鍛造用非調質鋼。

【効果】 熱間鍛造非調質状態とした時、引張り強さが900MPa以上となる鋼素材であり、本発明鋼を自動車用部品に使用することにより、部品の小型軽量化が可能となる。

(2)

特開平6-287677

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で

C: 0.25-0.50%、
 Si: 0.40-2.00%、
 Mn: 0.50-2.50%、
 Cr: 0.10-1.00%、
 S: 0.03-0.10%、
 V: 0.05-0.30%、
 N: 0.0050-0.0200%

さらに

Al: 0.005-0.050%、Ti: 0.002-0.050%の1種もしくは2種を含み、残部がFeおよび不可避不純物よりなり、下式で表わされる炭素当量Ceq. (%)が0.83%-1.23%、ベイナイト変態指数Btが0以下である高強度熱間鍛造用非調質鋼

$$Ceq. (\%) = \%C + (\%Si) / 20 + (\%Mn) / 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54 (\%V)$$

$$Bt = 31.2 - 100 (\%C) - 6.7 (\%Si) + 9.0 (\%Mn) + 4.9 (\%Cr) - 81 (\%V)$$

【請求項2】 重量%で

C: 0.25-0.50%、
 Si: 0.40-2.00%、
 Mn: 0.50-2.50%、
 Cr: 0.10-1.00%、
 S: 0.03-0.10%、
 V: 0.05-0.30%、
 N: 0.0050-0.0200%
 Ca: 0.0004-0.0050%

を含み、さらに

Al: 0.001-0.010%、Ti: 0.005-0.020%の1種または2種以上を含み、残部がFeおよび不可避不純物よりなり、下式で表わされる炭素当量Ceq. (%)が0.83%-1.23%、ベイナイト変態指数Btが0以下である高強度熱間鍛造用非調質鋼

$$Ceq. (\%) = \%C + (\%Si) / 20 + (\%Mn) / 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54 (\%V)$$

$$Bt = 31.2 - 100 (\%C) - 6.7 (\%Si) + 9.0 (\%Mn) + 4.9 (\%Cr) - 81 (\%V)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車、産業機械などの機械部品に加工される鋼素材のうち、特に熱間での鍛造などで加工された後、熱間加工まで高強度の機械部品となる高強度熱間鍛造用非調質鋼に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車、産業用機械部品の多くは素材棒鋼を熱間で加工した後、焼入焼戻し処理（調質処理）によって組織を微細化し、強度と靱性を高めて使用しているが、近年はコスト削減のため、調質処理を省略したま

2

まで使用される非調質熱間鍛造品が急速に普及してきている。

【0003】また、最近では地球環境保護のため、自動車の低燃費化が求められており、自動車の低燃費化を達成するための有効な方法の一つは車両軽量化であるため、高強度化による部品の小型軽量化が指向されている。

【0004】自動車部品の非調質化と高強度化の要求に応えるため、これまで種々の非調質鋼が施行されてきている。たとえば、一般的な非調質鋼はV、Nbが添加されており、熱間加工後の冷却過程でV、Nbが炭化物として析出し、フェライトパーライト組織を強化する仕組みとなっている。この型の非調質鋼の熱間鍛造ままの引張り強さは800MPa程度であり、また熱間鍛造ままの組織が非常に粗大であるため靱性が低いのが難点である。そこで近年は特開平1-198450号公報に開示されているように、高強度化を図りつつ、熱間鍛造まま組織を微細化して靱性を高めた鋼も開発されている。しかし特開平1-198450号公報に記載の鋼も熱間鍛造ままの引張り強さはおよそ1000MPaが限度である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】フェライトパーライト鋼は降伏比が高く、被削性に優れるなどの特徴があるため、熱間鍛造非調質状態で900-1200MPaの引張り強さを安定的に実現することができれば、自動車部品の小型軽量化による燃費の向上等、工業的な利益は多大なものがある。

【0006】そこで、本発明は熱間鍛造ままで900MPa以上の引張り強さを安定的に実現するフェライトパーライト型の高強度熱間鍛造用非調質鋼を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】従来型のフェライトパーライト型非調質品の引張り強さが900ないし1000MPaを越えることができなかったのは、高強度化のために合金元素を多量に添加すると通常の空冷ではベイナイト組織が発生しやすくなり、品質保証ができなくなるためであった。しかし、フェライトパーライト型非調質鋼のベイナイト発生に及ぼす合金元素の影響は十分検討されているわけではない。

【0008】そこで本発明者らは、ベイナイト発生に及ぼす合金元素の影響を明らかにすることにより、熱間鍛造非調質状態で高強度のフェライトパーライト鋼を実現すべく、鋭意研究を行なった。その結果、熱間鍛造非調質状態におけるベイナイト組織の発生はMn、Cr添加により促進されるものの、C、Si、V添加で抑制することができ、これまでの一般的認識とは異なり、引張り強さの影響は比較的小さかった。よって、最適な成分設計をすることで900MPa以上の高強度フェライトパーライト非調質品が実現可能であるが分った。

(3)

特開平6-287677

3

【0009】そこで、鋼の成分と熱間鍛造非調質状態の組織の関係から、重回帰によりベイナイト変態を予測するベイナイト変態指数 B_t を求めた。

$$【0010】B_t = 31.2 - 100(\%C) - 6.7(\%Si) + 9.0(\%Mn) + 4.9(\%Cr) - 81(\%V)$$

であり、 B_t が0以下である時にベイナイト分率が0%である。100%フェライトパーライト組織の鋼においては、

$$\text{炭素当量 } C_{eq.}(\%) = \%C + (\%Si) / 20 + (\%Mn) / 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54(\%V),$$

$$\text{引張り強さ (MPa)} = 759 \times C_{eq.}(\%) + 267$$

と表わすことができた。

【0011】組織に及ぼすベイナイト変態指数 B_t と炭素当量 $C_{eq.}$ の関係を示したのが図1である。図1から $C_{eq.} > 1.23\%$ ではベイナイトであり $C_{eq.} \leq 1.23\%$ では B_t が0より大きい時にベイナイトが発生することが分る。

【0012】以上のように $C_{eq.}$ および B_t を一定範囲に規制することでベイナイトの発生を防止しつつ高い引張り強さが実現することの知見を得て、本発明が完成されたのである。すなわち、本発明は請求項に示したとおり、重量%でC:0.25-0.50%、Si:0.40-2.00%、Mn:0.50-2.50%、Cr:0.10-1.00%、S:0.03-0.10%、V:0.05-0.30%、N:0.0050-0.0200%さらにAl:0.005-0.050%、Ti:0.002-0.050%の1種もしくは2種を含み、残部がFeおよび不可避不純物よりなり、下式で表わされる炭素当量 $C_{eq.}(\%)$ が0.83%-1.23%、ベイナイト変態指数 B_t が0以下である高強度熱間鍛造用非調質鋼

$$C_{eq.}(\%) = \%C + (\%Si) / 20 + (\%Mn) / 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54(\%V)$$

$$B_t = 31.2 - 100(\%C) - 6.7(\%Si) + 9.0(\%Mn) + 4.9(\%Cr) - 81(\%V)$$

更にまた、重量%でC:0.25-0.50%、Si:0.40-2.00%、Mn:0.50-2.50%、Cr:0.10-1.00%、S:0.03-0.10%、V:0.05-0.30%、N:0.0050-0.0200%

Ca:0.0004-0.0050%を含み、さらにAl:0.001-0.010%、Ti:0.005-0.020%の1種または2種以上を含み、残部がFeおよび不可避不純物よりなり、下式で表わされる炭素当量 $C_{eq.}(\%)$ が0.83%-1.23%、ベイナイト変態指数 B_t が0以下である高強度熱間鍛造用非調質鋼

$$C_{eq.}(\%) = \%C + (\%Si) / 20 + (\%Mn) / 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54(\%V)$$

4

$$/ 5 + (\%Cr) / 9 + 1.54(\%V)$$

$$B_t = 31.2 - 100(\%C) - 6.7(\%Si) + 9.0(\%Mn) + 4.9(\%Cr) - 81(\%V)$$

である。

【0013】以下に発明の限定理由について述べる。

【0014】C: Cは鋼を強化するために0.25%以上が必要である。0.25%未満では他の合金元素が多くなるため、熱間鍛造ままでベイナイトが発生しやすくなる。一方Cを多量に添加した場合、延性が著しく低いものとなるため、上限を0.50%とする。

【0015】Si: Siは固溶強化元素として鋼を強化するとともに、ベイナイトの変態を抑制する働きをする。強化と変態制御のため0.40%以上が必要であるが、2.0%を超えると延性が劣化する。

【0016】Mn: Mnは比較的延性を劣化させずに鋼を強化するのに有用な元素であり、強化のために少なくとも0.50%が必要である。一方、2.5%を超える多量の添加はベイナイトの発生をもたらす。

【0017】Cr: Crも鋼の強化のため0.1%以上が必要であるが、多量の添加はMn同様にベイナイトを発生させるため1.00%以下とする。

【0018】S: SはMnSとして析出して、旧オーステナイト粒界内にフェライトを変態させる働きがあり、延性、靱性を向上させる。延性、靱性向上のため0.03%以上の添加が必要であるが、多量に添加した場合、機械的性質に異方性を生じてしまうため上限を0.10%とする。さらにSは被削性を向上させる。

【0019】N: NはVN、TiNあるいはNbNとして析出し、オーステナイト組織の粗大化を防止すると共に、粒内フェライトの変態を促進し、延性を向上させる。0.0050%未満ではこれらの効果が小さく、延性向上の効果は期待できない。また0.0200%を超えて添加しても効果は飽和する。

【0020】V: VはVNとして析出して粒内フェライト変態を促進すると共に、VCとしてフェライト内に微細に析出して鋼を強化する。強化のためには0.05%以上が必要であるが、0.30%を超えると靱性が劣化する。ベイナイト変態を抑制しつつ強化するのにV添加は有効である。

【0021】Al: Alは脱酸材として添加される元素である。請求項1において十分な脱酸効果を期待するためには0.005%以上が必要であるが、0.050%を超える添加は被削性を低下させる。

【0022】また、特に被削性の改善のためCaを添加する請求項2の場合には、Ca酸化物を生成させる必要があるため0.010%以下の添加とする必要があるが、極少量のAlは低融点の酸化物を形成させて、被削性を向上させるため0.001%以上を添加する必要がある。

【0023】Ti: Tiは脱酸材として添加されるが、

(4)

特開平6-287677

5

鍛造加熱時のオーステナイト組織の粗大化を防止して、鍛造放冷まま組織を微細化し、延性、靱性を向上させる効果もある。請求項1においては、これらの効果を狙うため0.002%以上の添加が必要であるが、0.050%を超えた添加は被削性を劣化させる。また請求項2においては、Ca酸化物による被削性改善を狙うため、0.020%以下とする必要があるが、0.005%未満ではオーステナイト組織の粗大化の効果が期待されない。

【0024】Ca：特に超硬工具を用いた切削における被削性を向上させるために、Ca0.0004-0.0050%の添加が効果的である。0.0004%未満では効果なく、0.0050%を超えて添加した場合、むしろ被削性が低下する。請求項1の鋼においても被削性を向上させたい場合には、同量のCaの添加が有効であるが、Al、Tiを請求項2に記載の上限を超えて添加した場合、被削性改善の効果は低下する。

【0025】Ceq.：鍛造放冷ままの引張り強さは炭素当量Ceq.の一次式で表わすことができる。本発明の鋼の様な高強度フェライトパーライト鋼においては、引張り強さ(MPa)=759×Ceq.(%) + 267であり、Ceq.が0.83%のとき引張り強さは900MPaである。よって、900MPa以上の引張り強さとするため、Ceq.を0.83%以上に限定する。但し、Ceq.が1.23%を超えるとベイナイト変態が起こるため上限を1.23%とする。

【0026】Ceq.(%) = %C + (%Si)/20 + (%Mn)/5 + (%Cr)/9 + 1.54(%V)
Bt：本発明において、ベイナイト変態を予測するベイナイト変態指数Btは鍛造放冷後の鋼組織を100%フェライトパーライトとするために極めて重要である。ベイナイト変態はMn、Crの添加により促進され、C、Si、Vの添加により抑制される。通常の鍛造後の冷却速度範囲(1100-700Kの間の平均冷却速度が0.5-2.0K/S)では、 $Bt = 312 - 100(\%C) - 67(\%Si) + 90(\%Mn) + 49(\%Cr) - 810(\%V)$ が0以下の場合に100%フェライトパーライト組織となり、0を超えた場合ベイナイト変態が起こる。

【0027】なお、以上の元素の他に一般に快削元素と

6

して知られるPb、Bi、Te、Seを適量添加した場合、本発明鋼においても当然被削性が向上する。たとえばPb、Biは0.05%以上を添加した場合、低融点金属として鋼中に分散して被削性を向上させる。しかし熱間加工性を低下させないため、上限は0.30%が望ましい。

【0028】0.02%以上のTe、Seは3と同様に硫化物を形成して被削性を向上させる。0.10%以下の添加であれば機械的性質の異方性も生じない。

【0029】

【実施例】表1に示した種々の組成の鋼を150kg真空溶解炉で溶製し、直径30mmに成型した棒鋼を素材とし、これらの鋼を1525Kで1200Sの加熱後、室温まで放冷した後、組織の観察と引張り試験を行った。引張り試験片はJIS4号試験片を用いた。

【0030】さらに、表1のNo.26-31については、上記の加熱放冷後、JIS-P20にTiNをコーティングした超硬工具で長手外周旋削し、5分間加工後の工具逃げ面摩耗を測定した。切削条件は切削速度150m/min、送り0.2mm/rev、切込み2.0mmとし、乾式で加工した。

【0031】表1に示したように、本発明の鋼は熱間加工ままで引張り強さ900MPa以上の100%フェライトパーライト鋼となっている。一般に引張り強さ(T.S.)の上昇と共に降伏比(Y.R.)は上昇し、絞り値(R.A.)は低下する傾向があるが、同一引張り強さで比較した場合、本発明の鋼の降伏比、絞り値は、Bt値が0より大きいためベイナイトとなった比較鋼No.4, 8, 12, 13よりも優れている。比較鋼No.5, 9, 15, 18, 21, 22, 23, 24は900MPa以上のフェライトパーライト鋼となつてはいるもの、同等の引張り強さを有する本発明鋼に比べると降伏比、絞り値は低い。比較鋼No.25はBtは0以下であるものの、Ceq.が1.23%を超えているためベイナイト組織となっている。

【0032】また、請求項2の本発明鋼No.26, 27, 29, 30における超硬工具摩耗は、比較鋼No.28, 31と比べて30-40μm小さい。

【0033】

【表1】

(5)

発明平6-287677

No.	用	請求項	C	Si	Mn	Cr	S	Y	N	Al	Ti	Cu	Co	Wt	T.S. (MPa)	Y.P. (MPa)	R.A. %	組織	T.M.P. (μm)	比較
1	本発明鋼	1	0.25	0.97	1.64	0.37	0.061	0.186	0.0101	0.015	—	—	—	0.06	979	679	43	F/P	*	C
2	"	"	0.41	0.90	1.53	0.34	0.055	0.155	0.0093	0.037	—	—	—	0.06	979	679	43	F/P	*	C
3	"	"	0.50	1.00	1.44	0.25	0.052	0.124	0.0092	0.045	—	—	—	1.06	1046	779	36	"	*	"
4	比較鋼	"	0.15	0.54	1.87	0.29	0.054	0.129	0.0121	0.040	—	—	—	0.41	1173	535	40	B	*	"
5	"	"	0.51	0.55	1.53	0.30	0.050	0.131	0.0128	0.047	—	—	—	1.17	1157	767	18	F/P	*	"
6	本発明鋼	"	0.33	0.44	1.80	0.40	0.055	0.194	0.0090	—	0.012	—	—	1.06	1048	782	34	F/P	*	Si
7	"	"	0.34	1.98	1.82	0.47	0.052	0.162	0.0120	—	0.042	—	—	1.10	1115	833	28	"	*	"
8	比較鋼	"	0.33	0.89	1.84	0.35	0.054	0.173	0.0099	—	0.031	—	—	1.01	1057	642	28	B	*	"
9	"	"	0.34	2.21	1.74	0.36	0.051	0.174	0.0091	—	0.014	—	—	1.16	1158	903	17	F/P	*	"
10	本発明鋼	"	0.34	1.55	0.55	0.94	0.052	0.223	0.0153	0.009	—	—	—	0.88	1001	718	40	"	*	Mo, Cr
11	"	"	0.35	0.58	2.40	0.16	0.052	0.178	0.0147	0.023	—	—	—	1.15	1116	895	28	"	*	"
12	比較鋼	"	0.31	0.41	0.53	0.05	0.055	0.204	0.0114	0.017	—	—	—	1.09	1055	655	25	B	*	"
13	"	"	0.35	0.42	1.01	0.38	0.054	0.072	0.0175	0.035	—	—	—	1.13	1122	704	26	"	*	"
14	本発明鋼	"	0.43	0.97	1.54	0.41	0.033	0.154	0.0178	—	0.018	—	—	1.07	1054	783	37	F/P	*	S
15	比較鋼	"	0.45	0.99	1.53	0.39	0.140	0.149	0.0140	—	0.041	—	—	1.09	1070	805	18	"	*	"
16	本発明鋼	"	0.35	1.03	1.51	0.36	0.032	0.050	0.0120	0.040	0.017	—	—	0.85	909	634	53	F/P	*	V
17	"	"	0.35	1.05	1.53	0.36	0.034	0.269	0.0125	0.024	0.042	—	—	1.19	1173	983	22	"	*	"
18	比較鋼	"	0.34	0.9	1.25	0.38	0.050	0.334	0.0113	0.008	0.003	—	—	1.19	1147	977	18	"	*	"
19	本発明鋼	"	0.40	0.95	1.74	0.22	0.049	0.157	0.0081	—	0.019	—	—	1.05	1058	822	33	"	*	R
20	"	"	0.42	0.52	1.75	0.22	0.046	0.155	0.0199	—	0.038	—	—	1.05	1049	783	34	"	*	"
21	比較鋼	"	0.40	0.53	1.72	0.30	0.050	0.163	0.0280	—	0.047	—	—	1.04	1059	778	27	"	*	"
22	比較鋼	"	0.30	1.08	1.74	0.34	0.052	0.168	0.0134	0.001	—	—	—	0.97	1001	635	54	"	*	Al
23	"	"	0.31	1.09	1.75	0.32	0.048	0.124	0.0178	—	0.075	—	—	0.94	976	672	37	"	*	Ti
24	"	"	0.31	1.05	1.78	0.35	0.039	0.125	0.0115	0.004	0.050	—	—	0.93	974	670	37	"	*	Al, Ti
25	"	"	0.23	0.51	2.32	0.50	0.044	0.284	0.0101	0.016	—	—	—	1.26	1231	1077	6	B	*	Co
26	本発明鋼	2	0.29	0.76	1.80	0.52	0.058	0.155	0.0112	0.002	—	—	—	0.6005	1040	789	35	F/P	93	Ca, Al
27	"	"	0.30	0.77	1.56	0.33	0.054	0.181	0.0108	0.005	—	—	—	0.6022	950	702	40	"	103	"
28	比較鋼	"	0.30	0.76	1.74	0.40	0.046	0.179	0.0101	0.020	—	—	—	0.6019	1030	754	33	"	132	"
29	本発明鋼	"	0.31	0.74	1.74	0.52	0.065	0.154	0.0122	—	0.007	—	—	0.6045	950	754	40	"	91	Ca, Ti
30	"	"	0.32	0.71	1.83	0.57	0.069	0.168	0.0130	—	0.035	—	—	0.6015	1055	807	30	"	97	"
31	比較鋼	"	0.30	0.82	1.75	0.20	0.064	0.173	0.0108	—	0.032	—	—	0.6003	1015	734	33	"	183	"

組織：F/P(フェライト+パーライト)、B(ベイナイト)、M(マルテンサイト)、A(オーステナイト)、S(セメンタイト)
 ー：無添加 *：試験結果なし

【0034】

【発明の効果】以上のように、本発明の請求項1、2ともに熱間鍛造比調整状態で、フェライトパーライト組織で、その引張り強さが900MPa以上となる鋼素材であり、本発明鋼を自動車用部品に使用することにより、熱処理コストが削減されるのみならず、部品の小型軽量化が可能となるため、燃費の向上さらには燃費の向上に

よる地球環境の保護に役立つものである。

【0035】また、請求項2の鋼は特に超硬二重を用いた切削加工性に優れており、一層のコスト低減に寄与するものである。

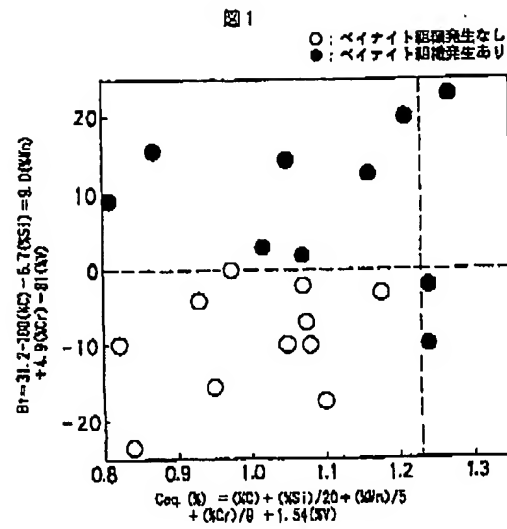
【図面の簡単な説明】

【図1】組織に及ぼすベイナイト変態指数Bと炭素当量Ceq.の関係を示す。

(6)

特開平6-287677

【図1】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.